Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Direktor: Prof. Dr. Walcher

Härtebestimmungen an Zähnen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde, verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

überreicht von

Zahnarzt **Wilhelm Zieger** aus Cossebaude

Halle (Saale) 1934

Ref.: Prof. Dr. Walcher
Korref.: Prof. Dr. H. Heinroth

Herrn und Frau Kirch
in Dankbarkeit und Verehrung

Härtebestimmungen an Zähnen

A. Allgemeines über den Begriff der Härte.

Unter der Einwirkung äußerer Kräfte verändern alle Körper ihr Volumen und ihre Gestalt. Feste Körper sind in mehr oder minder hohem Grade elastisch, d. h. sie nehmen nach Aufhören der deformierenden Kraft wieder ihre ursprüngliche Gestalt an.

Ueberschreitet die durch die äußere Einwirkung bedingte Formänderung ein bestimmtes Maß, die sogenannte Elastizitätsgrenze, so stellt sich die ursprüngliche Form nicht genau wieder her; vielmehr tritt eine bleibende Aenderung ein.

Die festen Körper widersetzen sich der Trennung ihrer Moleküle durch eine äußere Kraft vermittels ihrer Kohäsion. Festigkeit und Härte sind Aeußerungen dieser Kohäsion.

Für die vorliegende Arbeit ist es notwendig, diese beiden Begriffe — Festigkeit und Härte — näher zu definieren.

Nach Richter wird unter »Festigkeit« der Widerstand bezeichnet, den ein Material der Trennung seiner einzelnen Teile entgegensetzt. Als das Maß für die Festigkeit wird diejenige Kraft bestimmt, die erforderlich ist, um jene Trennung zu bewirken. Es wird also diejenige Kraft bestimmt, die notwendig ist, das Zusammenhalten der Teile, die Kohäsion, zu überwinden.

Unter »Härte« wird derjenige Widerstand verstanden, den ein Körper dem Eindringen eines anderen in seiner Oberfläche beim Erleiden bleibender Formänderungen entgegensetzt.

In der Mineralogie ist es üblich, die Härte nach dem Widerstand zu beurteilen, den der Körper dem Ritzen seiner Oberfläche entgegenstellt.

Mohs hat eine Reihe von Mineralien, welche sich in der Natur in unveränderlicher Beschaffenheit vorfinden, in einer Härteskala aufgestellt. Die Härte eines Stoffes kann man nach

der Mohs'schen Härteskala bestimmen, die so bemessen ist, daß der in der Skala nachfolgende Stoff den vorangehenden zu ritzen vermag. Die Härteskala lautet:

Talk — Gips — Kalkspat — Flußspat — Apatit — Feldspat — Quarz — Topas — Korund — Diamant.

Zur Ermittlung der Härte eines beliebigen Materials bedient man sich der Methode, daß man den zu prüfenden Körper mit einem solchen von bekannter Härte ritzt. Die Tiefe des Einschnittes gilt als Maß der Härte.

In der Technik ist man dazu übergegangen, die Härte zu beurteilen, indem man mit sehr harten Stahlkugeln oder Stahlkegeln auf die ebene Fläche des zu untersuchenden Körpers drückt und das Verhältnis der Größe des Druckes zur Größe der entstandenen Deformationsfläche als Maß der Härte benutzt.

Den Widerstand, den ein Material äußeren Einwirkungen, z. B. Stahlkugeln, entgegensetzt, sucht man durch Druck zu überwinden. Proell-Schubert haben folgende Zusammenstellung der bisher angewandten Methoden gegeben:

1. Der eindringende Fremdkörper verschiebt sich auf der zu prüfenden Oberfläche (dynamische Methoden).

2. Der eindringende Körper bewegt sich nur senkrecht gegen die zu prüfende Oberfläche (statische Methoden).

3. Die Härte wird aus anderen Kohäsionseigenschaften abgeleitet, z. B. aus dem elastischen Rückstoß oder aus der Scherfestigkeit.

B. Die bisherigen Untersuchungen und Ergebnisse über die Härte der Hartsubstanzen der Zähne.

Die Härte menschlicher Zähne ist bereits durch die verschiedensten Verfahren geprüft worden.

I. Karlström hat sich besonders mit der Frage der Vitalität des Schmelzes beschäftigt und bestimmte dessen Härte und spezifisches Gewicht.

Er untersuchte den Schmelz von der Schneidekante bis zur Dentingrenze, indem er Schliffe in verschiedener Höhe anfertigte von frisch extrahierten Zähnen, von noch nicht durchgebrochenen bleibenden Zähnen, von Milchzähnen, von Zähnen Schwangerer und von Tierzähnen.

Für seine Untersuchungen verwandte er den Herbert'schen Pendelhärteprüfer. Bezüglich der Beschreibung dieses Pendels verweise ich auf die Arbeit von Türkheim und Hanssen. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind:

1. In allen Fällen findet sich eine Abnahme der Härte von der Oberfläche zur Schmelzdentingrenze, von der Schneidekante zum Zahnhalse. Die Härte ist an der Schneidekante um ca. 6% größer als in der Mitte der buccalen Oberfläche. Hier ist die Härte wieder 19% größer als am Zahnhals.

2. Die Härte des Milchzahnschmelzes fällt zur Schmelzdentingrenze rascher ab als bei bleibenden Zähnen. Die Schmelzhärte der bleibenden Zähne beträgt an der Schmelzdentingrenze 63% der Oberflächenhärte.

3. Der Schmelz noch nicht durchgebrochener, voll ausgebildeter Zähne ist an der Oberfläche gleich hart wie der der bleibenden Zähne. In tieferen Schichten ist der Schmelz aber wesentlich weicher.

4. Der Schmelz schlecht ernährter gravider Frauen ist in den inneren Schichten weicher als die betreffenden Zonen normaler Zähne. An der Oberfläche besteht kein Unterschied. Bei gut ernährten graviden Frauen ist überhaupt kein Unterschied festzustellen.

5. Der Schmelz der Tierzähne ergibt in allen Fällen eine wesentlich geringere Härte, verglichen mit der Härte menschlichen Schmelzes.

Nach Türkheim und Hanssen sind nach diesen Untersuchungen die Härteunterschiede durch den Kalksalzgehalt zu erklären. Denn man muß noch beim voll ausgebildeten Schmelz eine Zu- und Abfuhr von Kalksalzen von der Pulpa aus annehmen.

H. Burg stellt zur Prüfung der Hartsubstanzen Längsschliffe her und benutzt zur Untersuchung die Ritzmethode. Seine Ergebnisse sind:

1. Mit steigendem Alter nehmen die Härtegrade des Dentins zu.

2. Das Geschlecht zeigt keinen Einfluß auf die Härtegrade. Dagegen machen sich vereinzelte individuelle Abweichungen in allen Lebensaltern bemerkbar.

3. Die Durchschnittswerte der Härte des Dentins ergeben 330 Grad, des transparenten Wurzeldentins 435 Grad, des Schmelzes 609 Grad, des Zementes 250 Grad.

4. Das Dentin in Schmelznähe ist 7 Grad härter als das Mitteldentin.

5. In Pulpanähe ist der Härtegrad nicht verringert.

6. Das transparente Dentin unter ausgeheilter chronischer Caries ist um 50 Grad härter.

7. Das Ersatzdentin unter chronisch ausgeheilter Caries ist spröder, steht jedoch an Härte dem des normalen Dentins nach.

8. Zwischen Längs- und Querrichtung besteht beim Dentin kein wesentlicher Unterschied und es ist praktisch gleichgültig, in welcher Ebene die Prüfung erfolgt.

9. Das Dentin nähert sich strukturell im physikalischen Sinne dem Verhalten einer homogenen Substanz. Dies stimmt auch damit überein, daß die Grundsubstanz überall die gleiche Struktur aufweist.

10. Was die histologische Struktur betrifft, so ist der Richtung der Dentinkanälchen kein Einfluß auf den Härtegrad zuzuschreiben.

11. Auch in der Struktur der Grundsubstanz, welche natürlich als solche die Höhe des Härtegrades mitbestimmt, ist kein Faktor anzunehmen, der eine verschiedene Härte in verschiedener Ebene und Richtung bedingt.

12. Die Strukturrichtung des Schmelzes ist von hoher Bedeutung für die Härte und jede Stelle der Oberfläche eines unverletzten Zahnes zeigt den höchst erreichbaren Wert. Dieses läßt die funktionelle Anpassung des Organs in seinem histologischen Aufbau erkennen.

III. Proell - Schubert untersuchten frisch extrahierte Zähne, die nach der Extraktion sofort in 0,9% Kochsalzlösung aufbewahrt wurden. Sie nehmen an, daß schon durch oberflächliches Austrocknen die Härte zunimmt. Sie benutzten für ihre Härteprüfung das sogenannte Sklerometer, das nach dem Prinzip des Martenschen Apparates konstruiert, aber von Proell wesentlich abgeändert wurde. Es wurde festgestellt:

1. Mit steigendem Alter tritt ein Erhärten der Zähne ein.

2. Ein Unterschied oder eine Bevorzugung in der Härte der Zähne eines Geschlechtes besteht nicht.

3. Bei Paradontose ist ein starkes Ansteigen der Härte zu erkennen.

4. Aus dem Uebergang der Ritze vom Dentin zum Schmelz ergibt sich, daß zwischen der Härte des Dentins und der des Schmelzes ein wesentlicher Unterschied besteht.

5. Bei fast allen Zähnen nimmt der Schmelz mehr nach der Oberfläche stets an Härte zu. Nach Proell - Schubert sei dahingestellt, ob dieses Härterwerden auf eine erhöhte Inanspruchnahme der äußeren Schmelzpartien zurückzuführen ist, oder ob die Diffusion von Mineralien in den Schmelz vom Speichel her diese Oberflächenhärte erzeugt.

6. An den Randpartien des Schmelzes wechselt die Härte. Es ist aber kaum anzunehmen, daß sich diese Erscheinung auf eine wechselnde Struktur des Schmelzes zurückführen läßt. Es handelt sich um Mineralisationsvorgänge.

7. Bei Milchzähnen ist der Schmelz nicht so hart wie bei bleibenden Zähnen.

IV. Von Richter wurde nun ein kritischer Vergleich über die Ritzhärte und die Kugeldruckhärte durchgeführt. Er hat mit dem von Proell - Schubert benutzten Apparat und mit der von Brinell angegebenen Methode Härteprüfungen an Metallen, Amalgamen, Zähnen und Knochen vorgenommen und miteinander verglichen. Nach seinen Erfahrungen wird man am besten:

1. Stoffe mit gleichmäßiger fester Beschaffenheit, also z. B. Metalle, mit Hilfe des Ritzverfahrens und

2. Stoffe mit stark inhomogenem Bau, also z. B. Knochen und Zähne, mit Hilfe des Kugeldruckverfahrens auf Härte prüfen.

Es soll mit diesen Härteprüfungen bestimmt werden, ob der menschliche Zahn durch innere oder äußere Ursachen in seiner Härte verändert wird.

Von dem zu untersuchenden Material wurden ebenfalls wieder Schliffe hergestellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen Richters sind folgende:

1. Es wurden frisch extrahierte Zähne untersucht, die nach der Herausnahme in 0,9% Kochsalzlösung aufbewahrt wurden, um sie vor der Austrocknung zu bewahren. Es soll bewiesen werden, daß durch eine Austrocknung die Zähne härter werden. Die auf zwei frisch extrahierten Zähnen angebrachten Eindrücke haben Durchmesser ergeben und zwar für den Schmelz von 137—156, für Dentin von 251—339. Danach wurden die Zähne in einen Exsikkator gelegt, der mit Kalziumchlorid beschickt war. Die Eindrücke wurden jeden Tag in gleicher Weise gemessen. Nach 6 Tagen war bereits der höchste Grad der Austrocknung erreicht. Die Zahlen sanken für Schmelz um 11—19, für Dentin um 21—37. Er schließt aus dem Kleinerwerden, daß der Schmelz

und das Dentin härter geworden sind. Die Austrocknung des Dentins soll in der Nähe der Pulpa größer sein als an anderen Stellen.

2. Transparente Zonen im Dentin weisen eine größere Härte auf als normales Dentin.

3. Nächst diesen transparenten Zonen zeigt die größten Härtegrade das Dentin direkt unter dem Schmelz, dann an den Seitenwänden der Wurzel und schließlich um die Pulpa herum und in der Wurzelspitze.

4. Das Dentin beider Dentitionen zeigt nur einen geringeren Härteunterschied.

5. Es spielt anscheinend keine Rolle, ob der Zahn cariös oder gesund ist. Die Eindrücke in unmittelbarer Nähe der Caries sind natürlich größer als im übrigen Dentin.

6. Der Schmelz von Milchzähnen ist sehr viel weicher als der Schmelz bleibender Zähne.

7. Die größten Härtegrade zeigt der Schmelz paradontotischer Zähne, das Dentin nicht. Nach den Untersuchungen weist das Dentin paradontotischer Zähne etwa dieselbe Härte auf wie das Dentin gesunder Zähne.

8. Schmelz und Dentin einer 34jährigen Frau im 7. Monat der Gravidität zeigen dieselbe Härte wie andere Zähne.

9. Das Ritzverfahren hat sich bei den Untersuchungen des Dentins sehr oft als unzuverlässig erwiesen. Der Diamant ritzt das Dentin bald tiefer, bald flacher. Dies scheint entweder in der Anordnung, überhaupt im Vorhandensein der Dentinkanälchen zu liegen oder in den Dichtungen und Dünnungen des Dentins, wie sie Groß im Polarisationsbild zum ersten Mal beschrieben hat.

10. Im Schmelz weisen die Ritzfurchen, soweit sie einwandfrei gemessen werden konnten, eine gleichbleibende Breite auf außer am Schmelzrande.

11. Ueber die Versuche an Tierzähnen, an Gold, Silber, Amalgamen verweise ich auf die Arbeit von Richter.

C. Eigene Untersuchungen über die Härte des Dentins.

Die bisherigen Untersuchungen über die Härte der einzelnen Zahnsubstanzen erstrecken sich nur auf frisch extrahierte Zähne. Es ist festgestellt worden, daß schon ein oberflächliches Austrocknen die Härte verändere und Erkrankungen des Zahnsystems wie Paradontose die Härte beeinflussen können.

Für forensische Zwecke sollte nun festgestellt werden, ob sich die Härte durch äußere Einflüsse so ändert, daß Rückschlüsse darauf gezogen werden können, wielange eine Leiche im Wasser, bzw. in der Erde gelegen hat.

Wir entschlossen uns, die Härte des Dentins zu bestimmen und den Schmelz außer acht zu lassen, da der Schmelz über 90% und das Dentin nur etwa 72% anorganische Substanzen enthält. Treten postmortale Veränderungen auf, so werden natürlich die organischen Substanzen zuerst geschädigt. Von der Untersuchung des Zementes wurde abgesehen, da der Zementmantel wegen seiner geringeren Ausdehnung für die Härteprüfung nicht geeignet ist.

Die vorliegenden Untersuchungen erstrecken sich auf Zähne, die chemisch behandelt wurden und auf Zähne, die 24 Jahre und länger in der Erde gelegen haben. Zur Kontrolle wurden natürlich auch einige frisch extrahierte Zähne untersucht.

Nach den Erfahrungen Richters entschieden wir uns dafür, ebenfalls der Härteprüfung nach Brinell den anderen Verfahren gegenüber den Vorrang zu geben. Freundlicherweise wurde uns von Herrn Prof. Dr. Proell — Greifswald — die von Richter benutzte Apparatur für die Versuche zur Verfügung gestellt, da so am besten mit den bereits gefundenen Werten Vergleiche angestellt werden können.

Für die Versuche selbst erhielt ich das frische Material freundlicherweise von Herrn Prof. Dr. Heinroth aus der hiesigen Zahnklinik und aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin. Herr Inspektor Winkler gestattete mir, auf dem hiesigen Nord- und Südfriedhof bei den exhumierten Schädeln Zähne zu entnehmen; Herr Bauingenieur Michelbach überließ mir einige bei den Schachtarbeiten unter den Türmen der hallischen Marktkirche gefundene Zähne aus der Zeit vor 1530. Die Zähne, die 500 und mehr Jahre in der Erde waren, stammen aus dem Forschungsheim für Weltanschauungskunde — Biologische Abteilung — Wittenberg.

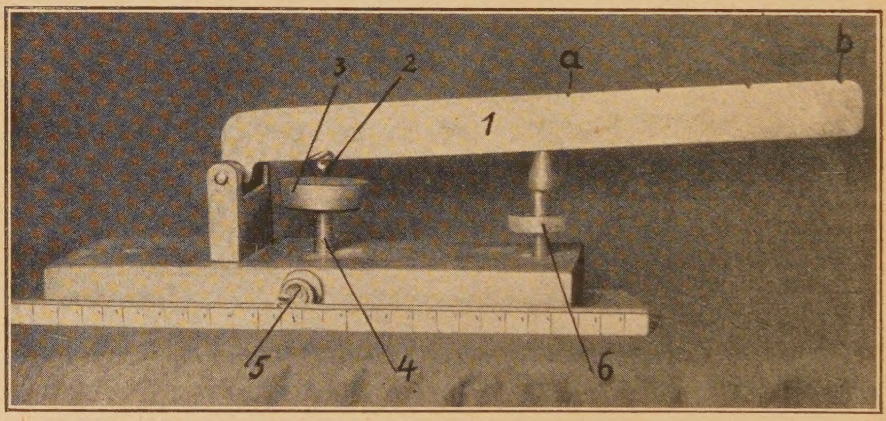
Bevor ich auf meine Untersuchungen eingehe, will ich an dieser Stelle eine Beschreibung des Apparates geben, den ich für meine Versuche gebraucht habe.

An einem festen Fuß ist ein beweglicher Hebel (1) mit 4 Kerben angebracht, an die Gewichte angehängt werden können. Nach dem Gesetz der Hebelwirkung entspricht das dem Drehpunkt nächste Gewicht (Kerbe a) einer dreifachen, das ihm entfernteste (Kerbe b) einer 6fachen Kraft.

Der Hebelarm trägt an seiner unteren Seite nahe seinem Drehpunkt eine auswechselbare Stahlkugel (2), die unter der Wirkung des Gewichtes in das Untersuchungsobjekt eingedrückt wird.

Das zu untersuchende Material ruht auf einem Tischchen (3), welches durch ein Schraubengewinde (4) in den Fuß des Apparates eingelassen ist. Dieses Tischchen kann mittels einer Bremsschraube (5) in beliebiger Höhe je nach der Größe des zu prüfenden Präparates festgestellt werden.

Bei Beginn des Versuches muß der Hebelarm horizontal gestellt werden und die Kugel darf den Zahnschliff nicht berühren. Dies wird durch die Stellschraube (6) erreicht, die sich etwa unter der Mitte des Hebels befindet.



Die Stahlkugel darf sich nur langsam ohne Stoß in die Oberfläche des Objektes eindrücken. Sobald die Kugel ruck- oder stoßweise eindringt, wird die statische Methode in die dynamische umgewandelt.

Um die Brinellhärte zu bestimmen, kann man auf zwei Wegen vorgehen. Man kann einmal den Druck bestimmen, der notwendig ist, um einen Eindruck von bekannter Größe hervorzurufen, oder man mißt den Eindruck, der durch den Druck von bekannter Größe hervorgerufen wird.

Ich habe die letzte Methode gewählt und mit konstantem Druck gearbeitet. An der dem Drehpunkt entferntesten Kerbe (b) befestigte ich ein Gewicht von 250 g, das einer Kraft von 1½ kg entspricht. Wegen der Kleinheit des Objektes benutzte ich Stahlkugeln von 0,8 mm Durchmesser, die von den Vereinig-

ten Kugellagerfabriken A.-G., Schweinfurt, geliefert wurden. Die Belastungszeit dehnt ich auf 10 sec. aus, die mit einer Stoppuhr gemessen wurde, da nach Roessele und Richter nach dieser Zeit der größtmögliche Eindruck erreicht ist.

Nach mehreren Vorversuchen stellte ich die Präparate auf folgende Weise her:

Die Zähne wurden leicht gegen einen langsam laufenden Schleifstein gehalten, um die bei der Reibung entstehende Wärme auf ein Minimum zu beschränken. Die Schliffe wurden immer in der Längsachse entweder mesial-distal oder labial-palatinal hergestellt und zwar so, daß von einer Seite Cavum und Wurzelkanal eröffnet und die andere Seite glatt geschliffen wurde. Die so entstandenen planparallelen Objekte wurden dann mit Hartwachs auf einer Glasplatte befestigt. Es ist aber zu bemerken, daß der Pulpenkanal nicht immer bis zur Wurzelspitze eröffnet werden konnte, da sonst der Schliff an der Spitze zu dünn geworden wäre und dem auf ihm lastenden Druck von 1½ kg nicht standgehalten hätte.

Die so vorbehandelten Präparate wurden zunächst mit 70 bis 100 Eindrücken versehen. Um aber möglichst alle Zonen zu erfassen und um deren Grenzen genauer angeben zu können, wurde die Zahl der Eindrücke auf ca. 170 gesteigert. Es stellte sich heraus, daß diese Eindrücke am besten mit dem Meßmikroskop von Zeiß, das zur Messung spektroskopischer Aufnahmen dient, unter Verwendung eines Opakilluminators zu messen waren.

Zunächst wurden die gefundenen Werte notiert, indem ich mir die ungefähre Lage des Eindruckes im Dentin merkte. Bei dem Vergleich mit den von Proell-Schubert und Richter gefundenen Werten ergab sich aber, daß die »ungefähre« Lage des Eindruckes zu Fehlresultaten führt. Deshalb mußte für die Darstellung der Eindrücke ein Weg gefunden werden, der eine genaue Fixierung ermöglichte. Mit Hilfe des Meßmikroskops mit Kreuztisch wurden nun die Umrisse des Schliffes, des Pulpenkanals und die Eindrücke graphisch dargestellt. So konnte jetzt jeder Eindruck im Dentin genau festgelegt werden.

Ich schloß mich nun den Ansichten Roeßles, Richters und anderer Forscher an, die das Aufstellen einer absoluten Härtezahl für nahezu wertlos halten. Deshalb wurde die Messung auf $^1/_{1000}$ mm aufgegeben und dafür die Eindrücke nach graphischer Darstellung mit einem Meßmikroskop von Zeiß

bei 30 facher Vergrößerung gemessen. Die Messung eines jeden Eindruckes erfolgte 2—3mal, um Meßfehler soweit wie möglich auszuschalten.

Beim Vergleich der erhaltenen Zahlen ergab sich, daß die Härtegrade nicht einheitlich genug waren. Es wurden deshalb mehrere Zahlen zusammengefaßt (z. B. 0,26—0,28 mm), zu Zonen vereinigt und diese wiederum durch Farben voneinander unterschieden. So erhielt ich bei jedem Präparat einen guten Ueberblick über die Gebiete verschiedener Härte und konnte dann auch wieder Vergleiche zwischen den verschiedenen Präparaten anstellen. Die Gruppeneinteilung ist folgende:

Gruppe	Durchmesser des Eindruckes in mm	Farbe
1	0,24—0,26	dunkelbraun
2	0,27—0,28	hellbraun
3	0,29—0,30	gelb
4	0,31—0,32	gelbgrün
5	0,33—0,34	blaugrün
6	0,35—0,40	blau
7	0,41—0,50	rot

Bei den letzten 7 Untersuchungen wurde zur besseren Uebersicht die Gruppe 6 noch einmal geteilt und die Eindrücke mit einem Durchmesser von 0,35—0,37 mm mit blauer Farbe und die Eindrücke mit einem Durchmesser von 0,38—0,40 mm mit lila dargestellt.

Bei Drucklegung dieser Arbeit wurde von der farbigen Darstellung abgesehen und von den Zeichnungen sind nur die benutzt worden, die für vorliegende Arbeit erforderlich sind.

I. Untersuchungen an frisch extrahierten Zähnen.

Zunächst wurden 4 frisch extrahierte Zähne untersucht, um eine Vergleichsmöglichkeit zu erhalten. (Abb. 1, 2.) Es ergab sich folgendes:

1. Die verschiedenen Härtezonen verlaufen bei nichtcariösen Zähnen deutlich in der Längsrichtung.

2. Das Dentin der cariösen Zähne zeigt dagegen ein autonomes Verhalten. Die Zonen sind unterbrochen, die Längsrichtung ist nicht mehr nachzuweisen. Es ergeben sich Schichten,

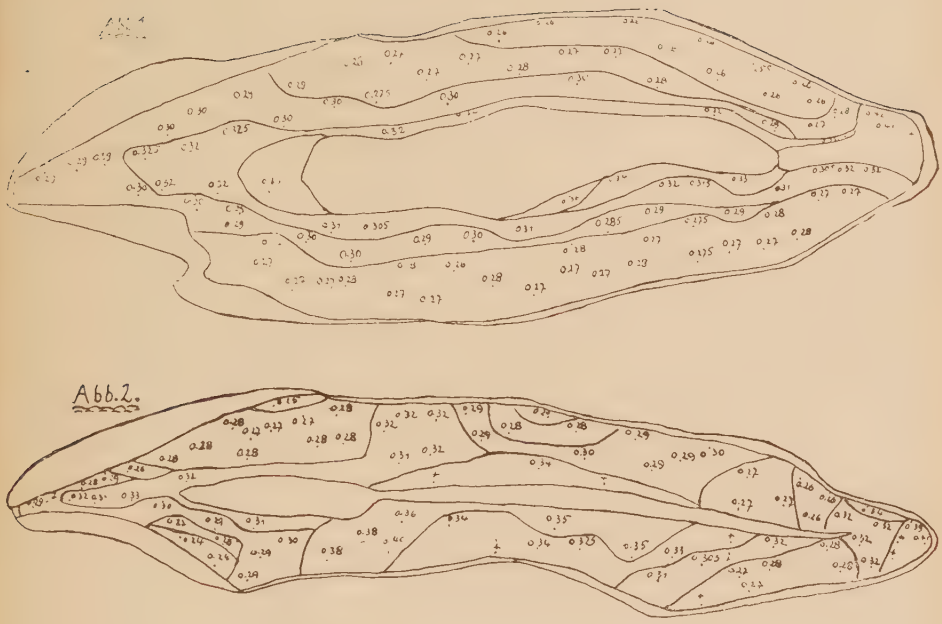


Abb. 2.

die in verschiedener Breite und in verschiedener Härte vom Rand des Zahnes zum Pulpenkanal verlaufen. Die Eindrücke sind hier natürlich wesentlich tiefer (Abb. 2).

3. Im allgemeinen scheinen die Härteverschiebungen im Dentin folgende zu sein:

a) Die weichste Zone befindet sich im letzten Fünftel der Wurzelspitze, dicht am Pulpenkanal entlang und über dem Cavum.

b) Die nächste Zone verläuft dann, sich an die genannte anschließend, um den Pulpenkanal herum, palatinal breiter als labial und über dem Cavum etwas stärker werdend.

c) Den mittleren Härtegrad gibt die nächste Zone an, die sich in der Mitte des Dentins befindet. Sie verläuft labial etwas breiter als palatinal und zieht sich meist bei Zähnen mit unverletztem Schmelz bis dicht unter die Schmelzgrenze.

d) An diese schließt sich wieder die nächst härtere Zone an, die palatinal bzw. labial an den Zementmantel grenzt.

e) Die härteste Zone verläuft an der Labial- bzw. Buccalseite des Zahnes.

4. An einem stark abgekauten Zahn ist der oberste Teil des Dentins, also dort, wo sich Ersatzdentin gebildet hat, natürlich sehr hart.

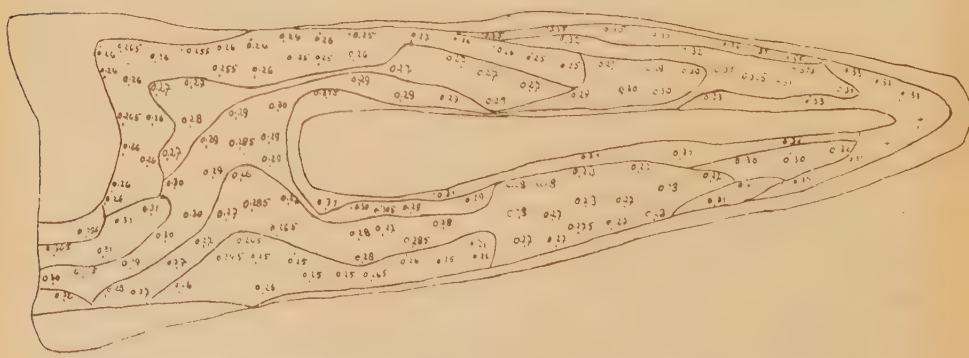
Das Härterwerden des Dentins nach den Seiten zu ist wohl auf das Verhalten der Dentinröhrchen zurückzuführen. Nach Meyer ist ein enormes Zunehmen der Kanäle sowohl an Zahl als auch an Lumen nach der Pulpa zu zu beobachten. Die Zahlen der Kanälchen nahe der Pulpa und nahe der Oberfläche verhalten sich wie 5 : 1. Nahe der Pulpa fand er bis zu 75 000 Kanälchen im Quadratmillimeter, an der Peripherie nur ca. 15 000. Mit zunehmendem Alter wird auf Kosten der Kanälchen Grundsubstanz angebaut, so daß durch deren Verengerung und durch die nachträgliche Verkalkung der kollagenen Grundsubstanzfibrillen das Dentin im Alter härter wird.

II. Untersuchungen an Zähnen von Leichen.

Da Proell-Schubert und Richter festgestellt haben, daß schon ein oberflächliches Austrocknen extrahierter Zähne und Erkrankungen des Zahnsystems (Paradontose) die Härte wesentlich beeinflussen können, wurde versucht, eine Härteänderung im Dentin auf chemische Weise herbeizuführen.

Um nachzuweisen, ob durch Formalin, das ja alle Gewebe härtet, eine Zunahme der Härte im Dentin festzustellen ist, wurde ein stark abgekauter Schneidezahn von der frischen Leiche eines 51jährigen Mannes 60 Tage lang in Formalin aufbewahrt.

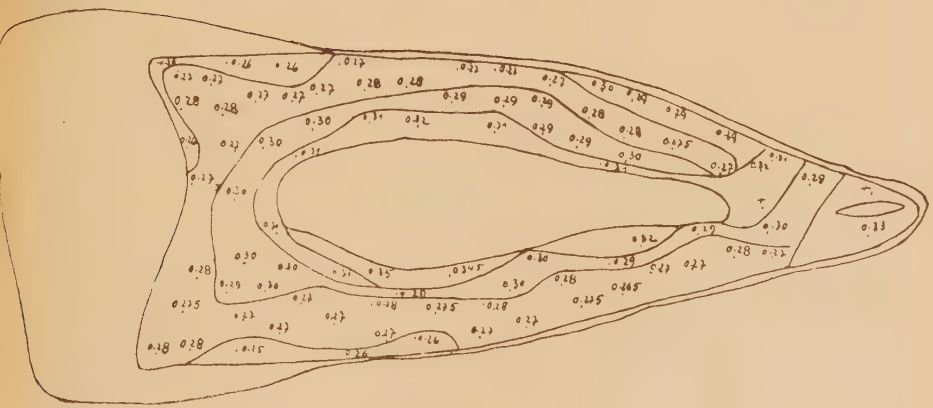
Abb 3



Bei der Untersuchung (Abb. 3) ergab sich aber nur ein allgemeines Härterwerden, das wohl auf das Alter des Mannes

A66. 4

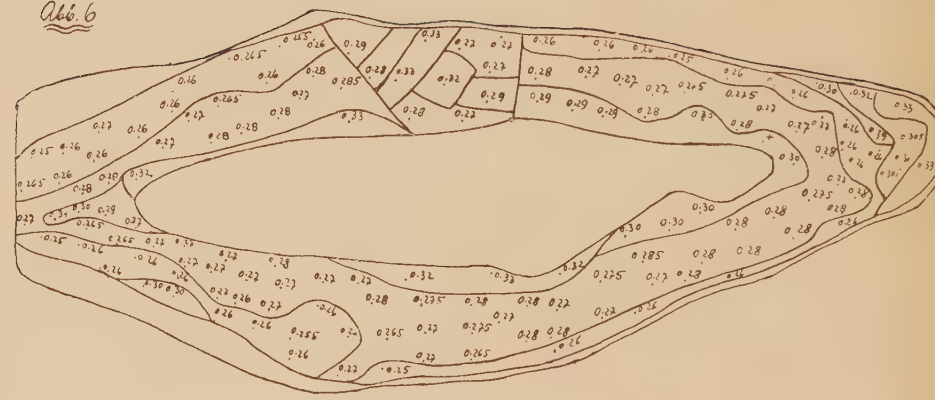
A665.

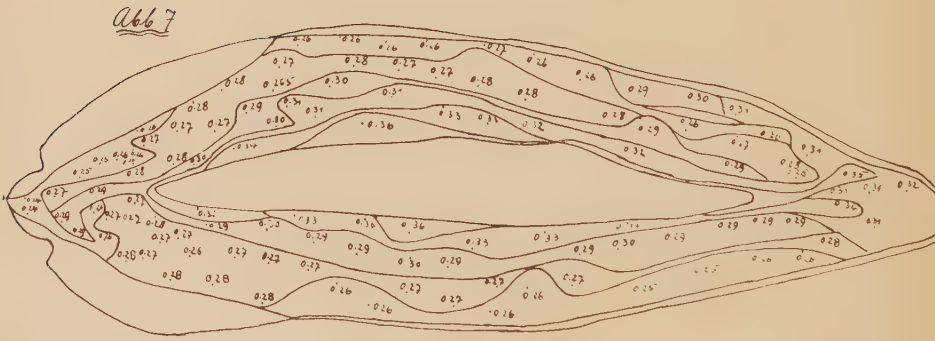


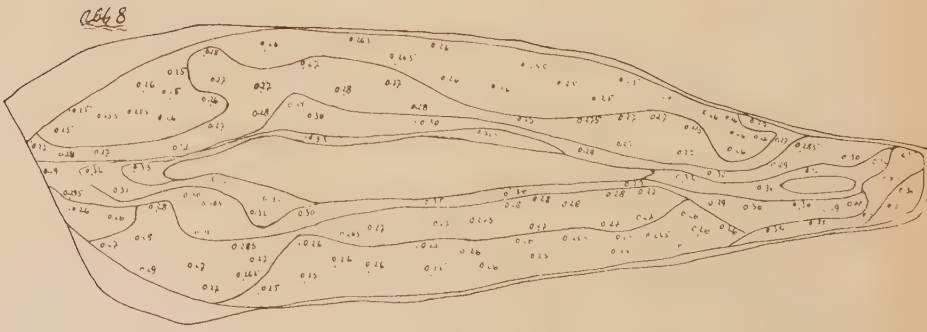
zurückzuführen ist: denn andere Autoren, wie Burg, Schubert und Richter haben bereits übereinstimmend gefunden, daß die Härte des Dentins mit steigendem Lebensalter zunimmt.

Es wurde jetzt ein stark abgekauter Schneidezahn eines 36 jährigen Mannes (Abb. 4) betrachtet, der 120 Tage und ein Schneidezahn einer 23 jährigen Frau (Abb. 5), der 100 Tage in Algenwasser gelegen hat und ein cariöser Eckzahn eines 48 jährigen Mannes (Abb. 6), der 100 Tage in kaltem fließenden Wasser aufbewahrt wurde.

Allgemein konnte eine Zunahme der Härte beobachtet werden. Die beiden härtesten Zonen erstrecken sich fast über $^2/_3$ der

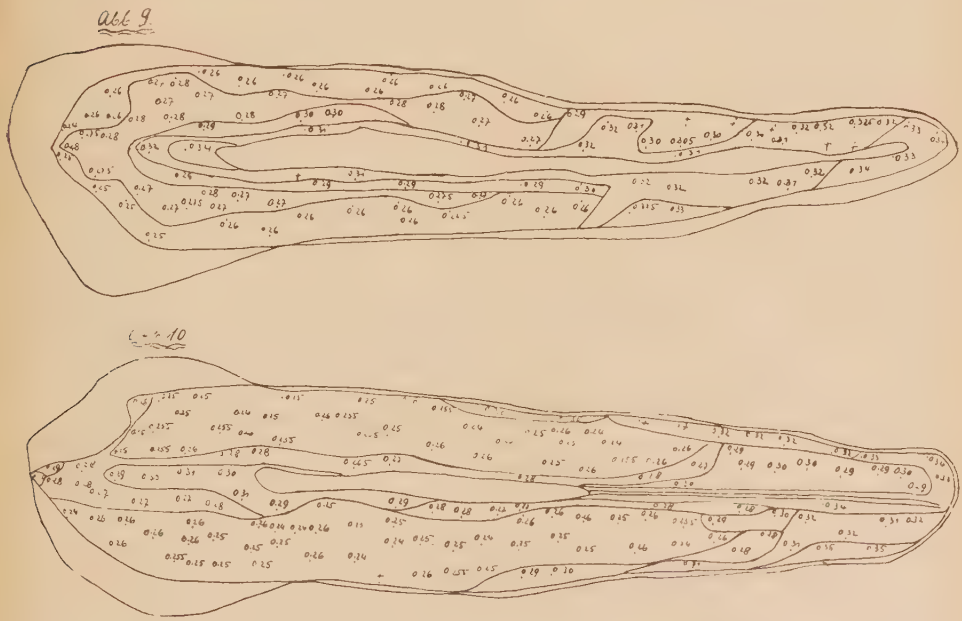






Dentinfläche. Im Verlauf der übrigen Zonen ist keine Aenderung eingetreten; sie sind nur entsprechend schmaler geworden. Das Cariesgebiet zeigt auch hier, ebenso wie bei dem frisch extrahierten Zahn, ein autonomes Verhalten der einzelnen Härtezonen.

Die nächsten Untersuchungen erstrecken sich auf Zähne von 5 Wasserleichen, die 33 -49 Tage in der Saale gelegen haben. (Abb. 7—10.) Das Lebensalter betrug 19, 43, 52, 58 und 78 Jahre. Auch hier fiel im allgemeinen die Zunahme der Härte des Dentins auf. Die beiden härtesten Zonen ziehen sich bei der 19 jährigen Frau über die Hälfte der Dentinfläche, nehmen mit steigendem Lebensalter zu und machen bei dem 78 jährigen Mann ¾ des gesamten Dentins aus. Um die Wurzelspitze herum hat die Härte um eine Zone zugenommen.



Es war erwartet worden, daß das Dentin unter Wassereinwirkung und durch evtl. Bildung von Roux'schen Kanälen weicher werden würde. Deshalb wurden Zähne entkalkt, die ungefähr 56 Tage in Algenwasser aufbewahrt waren, um die von Roux, Schaffer und Wedl beschriebenen Gänge im Dentin, die durch Protozoen und Schimmelpilze entstehen sollen, zu suchen. Es bestand die Ansicht, daß ein evtl. Weicherwerden

darauf zurückgeführt werden könnte. Da nun die Zähne härter geworden sind, wurde von dieser histologischen Untersuchung Abstand genommen. Die Gänge selbst konnten bereits von Zichel nicht festgestellt werden.

Das Härterwerden dieser Zähne könnte man sich einmal dadurch erklären, daß sie sich nicht mehr in einer isotonischen Lösung befunden haben. Eine andere Möglichkeit wäre vielleicht die, daß das Saalewasser nach Mitteilung der hiesigen Landwirtschaftlichen Hochschule alkalisch reagiert und Kieselsäure enthält. Durch diese Säure wird der Kalk angegriffen, es entsteht kieselsaurer Kalk:

$$CaCO_3 + H_2SiO_3 \quad CaSiO_3 + H_2CO_3$$

Dieser kieselsaure Kalk ist bedeutend härter als der gewöhnliche Kalk, so daß die Härtezunahme so zu erklären wäre. Es erscheint allerdings etwas unwahrscheinlich, daß die Bildung kieselsauren Kalkes innerhalb einer so verhältnismäßig kurzen Zeitspanne vor sich gehen kann, wenn man vor allem berücksichtigt, daß das Wasser bzw. die Kieselsäure nur einen Zugang durch das von Knochen und Weichteilen umgebene Foramen apicale hat und daß die Kieselsäure in der Saale nicht frei vorkommt.

III. Untersuchungen an Zähnen, die längere Zeit in der Erde gelegen haben.

Es gelangten meistens Eckzähne zur Untersuchung. Die Pulpa war bei allen Zähnen völlig verschwunden.

Bei den Eckzähnen eines 11- und 13jährigen Kindes, die beide 25 Jahre im Erdboden lagen, waren die Wurzeln noch nicht völlig ausgebildet, also noch nicht in den Kauakt einbezogen (Abb. 11, 12).

Auffallend ist bei diesen Zähnen, daß die Zonen im Dentin noch nicht genau in der Längsrichtung, sondern teilweise quer verlaufen. Die weichste Zone liegt, wie bei den anderen, um den Pulpenkanal herum. Die größte Härte ist nicht labial, sondern am äußersten Ende des Dentins, dicht unter dem Schmelz zu finden. Demnach scheinen sich die einzelnen Zonen in ihren Längsrichtungen und vor allem die harten Zonen an der Labialseite erst dann richtig auszubilden, wenn der Zahn in Funktion getreten ist.

Abb 11.

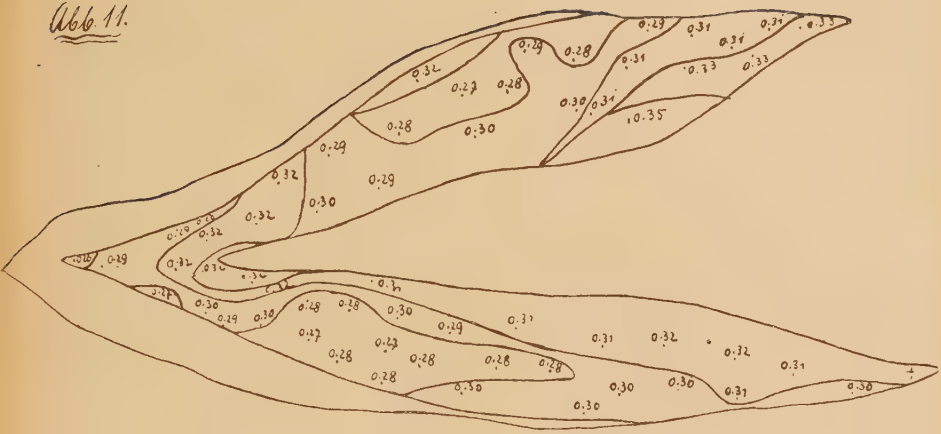


Abb. 12.

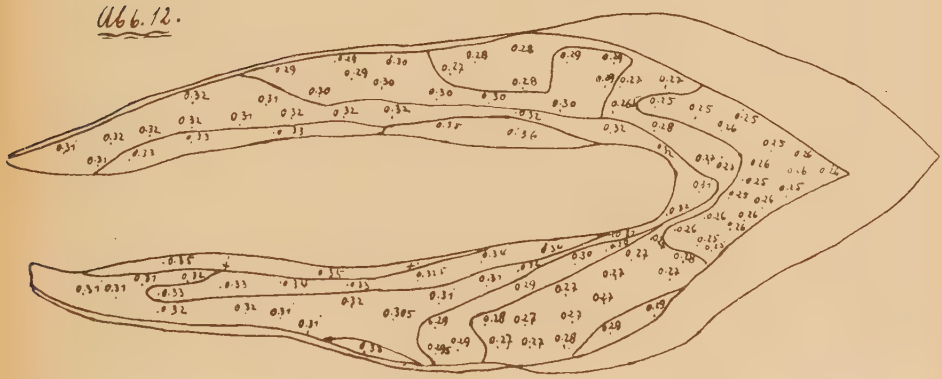
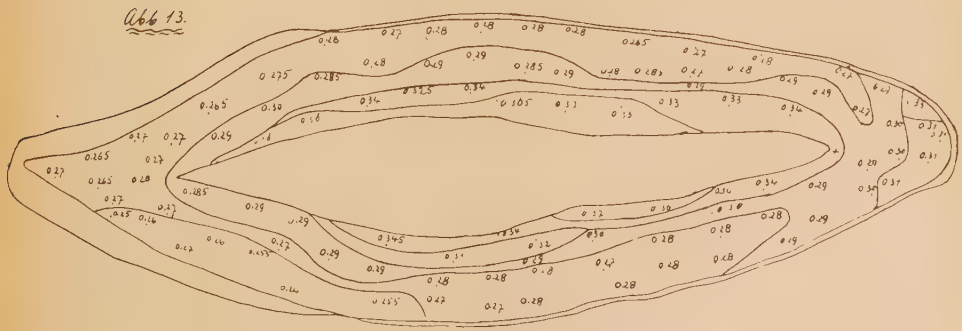


Abb 13.



Es wurden nun 10 Zähne untersucht, die sich alle 24—25 Jahre in der Erde befunden haben (ein Zahn Abb. 13). Ein Schneidezahn (Abb. 14) wurde einem nach 40 Jahren exhumierten Schädel entnommen. Bei all diesen Zähnen ist in bezug auf die Härte keinerlei Unterschied gegen die frisch extrahierten Zähne festzustellen, so daß wohl von einer Wiederholung der dort

gefundenen Ergebnisse abgesehen werden kann. Das auffallende Härterwerden bei einigen Zähnen ist durch das Alter der betreffenden Personen zu erklären, da ja schon oben erwähnt worden war, daß mit steigendem Lebensalter die Härte zunimmt.

Dagegen ergibt sich bei einem Zahn, der vor 80 Jahren in die Erde gekommen ist, ein auffallendes Weicherwerden (Abb. 15). Die weiche Zone findet sich besonders in der Umgebung der Pulpa und der Wurzelspitze. Sie ist palatinal wesentlich breiter als labial, während der Zahnrand, besonders labial, noch verhältnismäßig hart erscheint.

Dann gelangten 4 Zähne zur Untersuchung, die über 400 Jahre in der Erde waren. (Abb. 16—19). Sie wurden bei den Schachtarbeiten unter den Türmen der hallischen Marktkirche ge-

Abb. 16

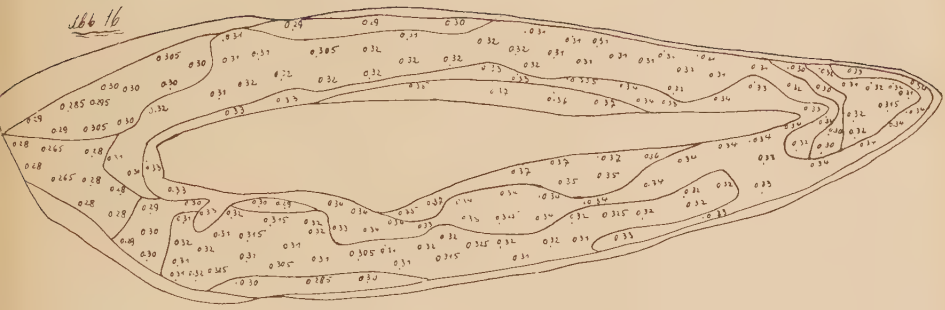


Abb. 17.

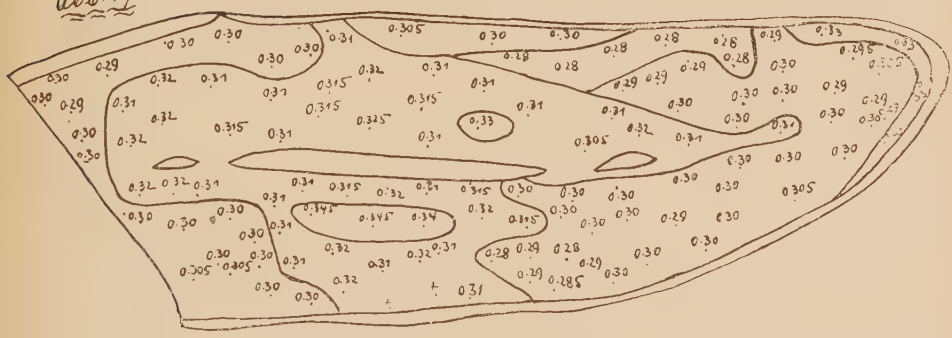
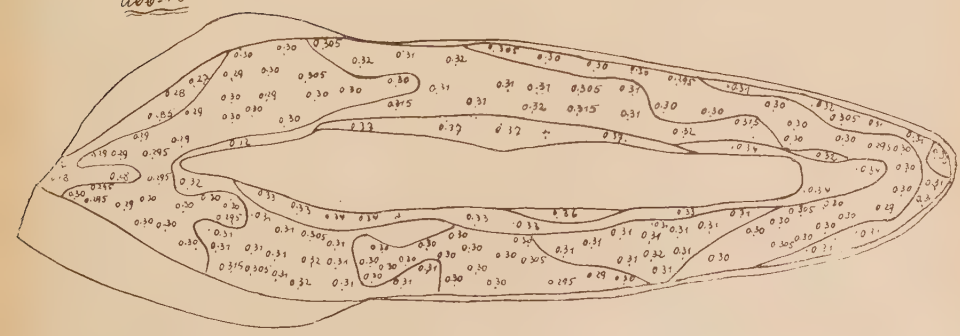
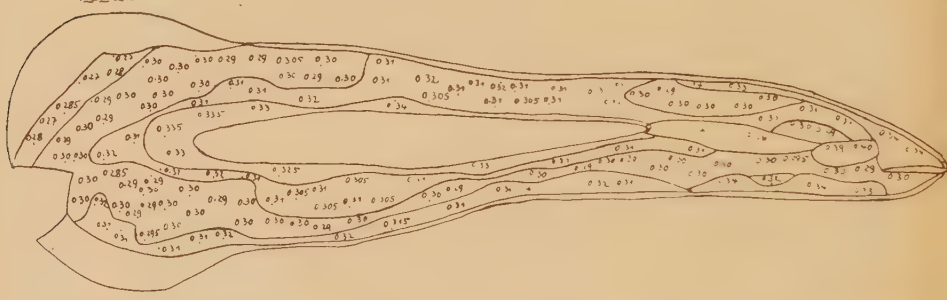


Abb. 18.



funden. Teilweise stammen sie aus einem Massengrab, in dem die Schädel und Knochen regellos durcheinander lagen, teilweise aus Einzelgräbern, die sich unter einer 6 m tiefen Schicht angefüllten Bodens befanden. Die Särge standen in einer ungefähr 60 cm in den untersten Schichten wasserführenden Sandschicht und waren gut erhalten. Dieser Sandschicht schloß sich dann eine ungefähr 8 m hohe Tonschicht an.

Abb. 19

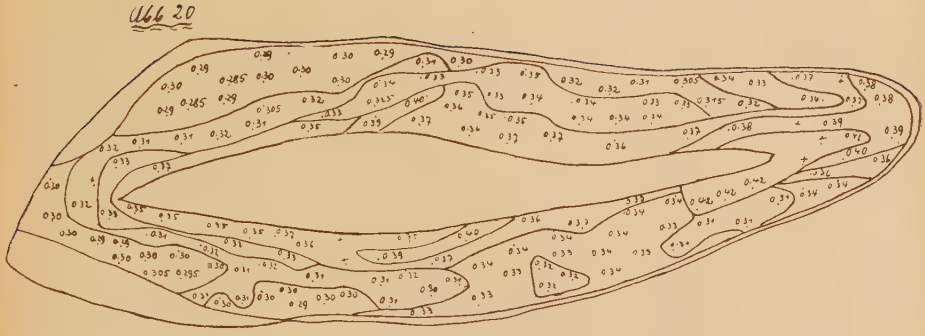


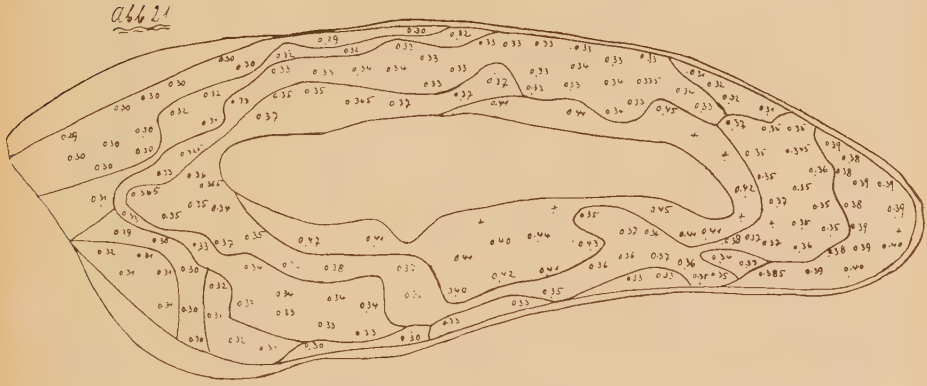
Bei der rein äußerlichen Betrachtung dieser Zähne fiel auf, daß sie alle sehr stark, sogar weit in das Dentin hinein, abgekaut waren und Zahnsteinansatz hatten.

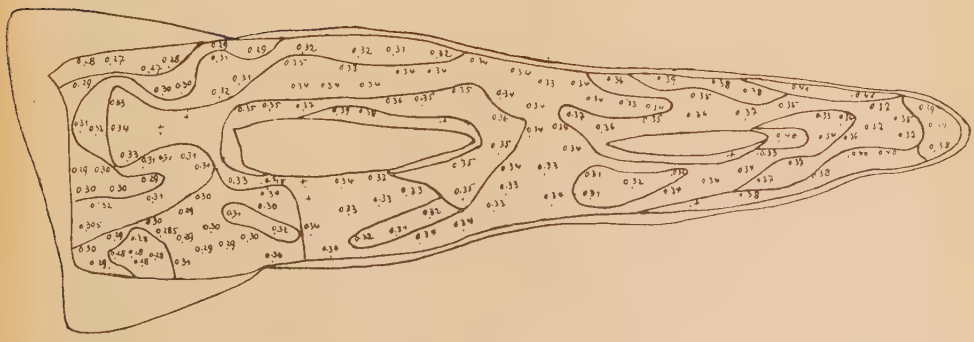
Es ergab sich ein allgemeines Weicherwerden. Die harten Zonen treten nur noch ganz vereinzelt auf, dagegen kann man keine wesentlich weicheren Zonen als bisher feststellen. Im Dentin scheinen fast gleichmäßig hauptsächlich zwei Zonen verteilt zu sein, die die mittleren Härtegrade ergeben.

Interessant ist die Härteveränderung der zuletzt untersuchten Zähne (Abb. 20—22). Es handelt sich um 3 Eckzähne, die uns von dem Forschungsheim für Weltanschauungskunde Wittenberg zur Verfügung gestellt wurden. Sie stammen aus dem Franziskanerfriedhof (ca. 1350—1544) und sind im Jahre 1928 ausgegraben, abgewaschen und trocken aufbewahrt worden. Es soll sich um einen Boden handeln, der einen sandigen kiesigen Untergrund hat.

Im Unterschied zu den zuletzt betrachteten Zähnen treten hier neue weichere Zonen auf, die besonders an der Wurzelspitze und um die Pulpa herum lokalisiert sind. Die härteren Zonen befinden sich nur noch an einem Präparat und zwar vereinzelt in Schmelznähe. Die Zonen, die an den Vergleichspräparaten der frisch extrahierten Zähne die mittlere Härte ergeben, sind hier die härtesten.







Zum Schluß wurde noch ein Zahn entkalkt, der 25 Jahre im Boden war, nachdem er mit Eindrücken versehen war. Bereits nach 5 Tagen waren sämtliche Eindrücke verschwunden bis auf zwei, deren Ränder aber nicht scharf genug waren, um eine genaue Messung durchzuführen. Sie waren im Durchschnitt zwar nicht kleiner, dagegen wesentlich flacher geworden, was wohl auf die Elastizität der organischen Substanz zurückzuführen ist.

Um die Ergebnisse richtig beurteilen zu können, war es notwendig, die Bodenverhältnisse der beiden in Frage kommenden Friedhöfe zu untersuchen. Leider war es unmöglich, aus der Marktkirche zu Halle und dem Forschungsheim zu Wittenberg entsprechende Erdproben zu erhalten.

Es wurden aus den Grüften Erdproben entnommen, die von der hiesigen Landwirtschaftlichen Hochschule nach der Kühnschen Methode geprüft wurden. Die Reaktion war jedesmal stark alkalisch, so daß von einer Bestimmung des P_H-Wertes abgesehen werden konnte.

Da bekannt ist, daß in alkalischem Boden die organischen Bestandteile angegriffen werden, also Verwesung eintritt, während in säurehaltigem die anorganischen Stoffe herausgezogen werden (Vertorfung), so haben wir es in unserem Falle mit Verwesung zu tun.

Das Weicherwerden kann man sich vielleicht so erklären, daß durch den Alkaligehalt des Bodens die organische Substanz mit der Zeit völlig aufgelöst worden ist und so allmählich eine Lockerung des Zahngefüges eingetreten ist. Allerdings müßte man noch aus anderen Gegenden Zähne untersuchen, um einwandfrei den Beweis führen zu können, daß eine Veränderung der Härte im Dentin von der Bodenbeschaffenheit abhängig ist.

Nach den Härteprüfungen kann wohl gesagt werden, daß das Alter der Zähne ein unbegrenztes sein kann, vorausgesetzt, daß durch die Umgebung kein früherer Zerfall verursacht wird. So wird uns in der von Maria Gabriel angefertigten Arbeit ein extremer Fall von Zerstörung der Hartsubstanzen des Zahnes mitgeteilt. Sie stellte bei den Untersuchungen von Moorleichen fest, daß die Zähne ihre Härte verloren hatten. Das Dentin hatte sogar die Farbe des Moores angenommen. Auch Ellermann schildert, daß bei einer im Thorsted-Moor gefundenen Leiche der Schädel durch die saure Torfmasse stark seitlich zusammengedrückt war; über die Beschaffenheit der Zähne sagt er leider nichts Näheres aus.

Nach den vorliegenden Ergebnissen kann gesagt werden, daß eine wesentliche Aenderung der Härte des Dentins nach dem Tode nicht eintritt, zum mindesten sind die Veränderungen nicht so stark, daß sie für forensische Zwecke brauchbar wären. Außerdem ist immer noch zu berücksichtigen, daß intra vitam bereits physiologische und individuelle Unterschiede auftreten. Es ergibt der Zahn eines jugendlichen Individuums immer andere Ergebnisse als der eines Greises.

Es ist also nicht möglich, auf Grund der Härteveränderung innerhalb des Dentins auch nur annähernd die Zeit zu bestimmen, die eine Leiche im Wasser oder in der Erde gelegen hat.

Die erhaltenen Resultate lassen kaum annehmen, daß Erkrankungen des Zahnsystems, wie Paradontose, die Härte irgendwie beeinflussen; denn wenn das der Fall wäre, dann müßten ja schon kurze Zeit nach dem Tode, nach Aufhören jeglicher Ernährung, grundlegende Härteänderungen im Dentin festzustellen sein.

Ebenfalls bestätigen die Versuche nicht, daß Zähne, wie Richter angibt, durch oberflächliches Austrocknen härter werden.

D. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. An Leichenzähnen ist, wie bei frisch extrahierten Zähnen, mit steigendem Lebensalter eine Härtezunahme nachzuweisen.

2. Im Dentin lassen sich Zonen erkennen, die darauf hinweisen, daß entgegen der Ansicht von Burg und Wetzel in der Längs- und Querrichtung des Zahnes Härteunterschiede bestehen, so daß es nicht gleichgültig ist, in welcher Richtung die Prüfung erfolgt.

3. Die Härte ist von der Zahl und von dem Verkalkungsgrad der Dentinkanälchen abhängig. Die Härte ist labial regelmäßig größer als palatinal bzw. lingual.

4. Die Zähne von Wasserleichen weisen eine langsame Zunahme der Härte auf.

5. An Zähnen, die 25—40 Jahre in der Erde gelegen haben, sind keine grundlegenden Aenderungen in der Härtebeschaffenheit festzustellen.

6. Die Zähne, die 80, 400 und mehr Jahre in der Erde waren, zeigen ein Weicherwerden. Die Veränderungen sind aber nicht so charakteristisch, daß sich eine Gesetzmäßigkeit ergibt.

7. Es ist nicht anzunehmen, daß Erkrankungen des Zahnsystems (Paradontose) wesentlichen Einfluß auf die Härte haben.

8. Bestimmungen des Leichenalters lassen sich durch Härteprüfungen nicht vornehmen, besonders auch deswegen nicht, weil die individuellen Schwankungen zu groß sind.

9. Die Tatsache, daß keine Härteabnahme, sondern eine gelegentliche Zunahme an Zähnen, die längere Zeit in fließendem und in Algenwasser gelegen haben, beobachtet wurde, spricht wohl in gewissem Sinne gegen das tatsächliche Vorkommen von sogenannten Roux'schen Kanälen an Leichenzähnen.

Literaturverzeichnis

1. Brinell:
Zitiert von Richter.

2. Burg:
Neue spezifische Härtebestimmungen der Hartsubstanzen des Zahnes. — Dissertation — Halle 1921.

3. Driak:
Ueber die Elastizität des Dentins. Physikalische Untersuchungen. Zeitschrift für Stomatologie XXX. 1932.

4. Ellermann:
Eine eigentümliche Veränderung von Leichen in Torfmooren (Moorgerbung). Vjschr. gerichtl. Med. III. F. 53 (1917).

5. Gabriel, Maria:
Die bisherigen Ergebnisse der Moorleichenforschung und Mitteilung eines neuen Fundes einer Moorleiche.
(Dissertation, München 1930). Dtsch. Zeitschr. f. d. ges. gerichtl. Med. 1930, Bd. 15. 3. und 4. Heft.

6. Groß:
Zitiert von Richter:

7. Hofmann:
Die gerichtsärztliche Aufgabe bei der Sicherstellung der Identität von Leichen.
Wiener Medizinische Wochenschrift 1882.

8. Karlström:
Referat von Türkheim und Hanssen.

9. Lommel:
Experimentalphysik — Lehrbuch — 1929. Seite 78/79.

10. Martens:
Zitiert von Proell-Schubert.

11. Meyer:
Normale Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen. 1932, Seite 48.

12. Mohs:
Zitiert von Schoenbeck.

13. Proell-Schubert:
Die Ritzhärte des Schmelzes.
Zeitschr. für Stomatologie XXVI. November 1928. Seite 1047.

14. Richter:
Ueber die Ritzhärte und Kugeldruckhärte der harten Zahnsubstanzen.
Zeitschr. für Stomatologie XXIX. 1931, Seite 591.

15. Roessele:
Zitiert von Richter.

16. Roux:
Zitiert von Schaffer und Wedl.

17. Schaffer:
Ueber Roux'sche Kanäle in menschlichen Zähnen. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. XCIX. C III. Abtl. 1890/91, Seite 371.

18. Scheff:
Die Veränderungen des Zahnes nach dem Tode.
Scheff, Handbuch der Zahnheilkunde. 3. Bd. 1927. Seite 638.

19. Schoenbeck:
Kurzer Leitfaden der zahnärztlichen Metallkunde. 1931, Seite 3 und 5.

20. Stebutt:
Allgemeine Bodenkunde 1930.

21. Türkheim und Hanssen:
Die Fortschritte der Zahnheilkunde.
Julius Misch, 8. Bd., Seite 592/604.

22. Wedl:
Ueber einen im Zahnbein und Knochen keimenden Pilz.
Sitzungberichte der Kaiserl. Akad. der Wissenschaften 1864, 1. Bd., Seite 171.

23. Wetzel:
Lehrbuch der Anatomie für Zahnärzte. 1930, Seite 393.

24. Zichel:
Gerichtlich-medizinische Untersuchungen an Zähnen, unter besonderer Berücksichtigung der quantitativen Bestimmung ihrer Lumineszenz.
Dissertation, Halle 1933.

Lebenslauf

Am 5. August 1900 wurde ich, Gottfried Wilhelm Zieger, Sohn des Amts- und Gemeindevorstehers i. R., Stadtrat a. D. Hermann Aurel Zieger in Cossebaude b/Dresden geboren. Die Schule besuchte ich bis zur Erlangung des Zeugnisses zum einjährig-freiwilligen Militärdienst. Ich war 1918 Soldat, und bis 1928 in der Landwirtschaft und im kaufmännischen Beruf.

Oktober 1928 trat ich in die Unterprima des Hohenzollern-Gymnasiums in Schwedt a. O. ein und erhielt am 5. März 1930 das Zeugnis der Reife.

Im S.S. 1930 studierte ich in Freiburg, sodann bis einschließlich W.S. 1931/32 in Berlin. Hier legte ich am 7. März 1932 meine zahnärztliche Vorprüfung ab. Vom S.S. 1932 studierte ich dann in Halle. Am 23. November 1933 bestand ich meine zahnärztliche Staatsprüfung. Von dieser Zeit ab war ich mit der Anfertigung dieser Arbeit beschäftigt.

Am Schlusse dieser Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, dem Direktor des Institutes für gerichtliche und soziale Medizin der Martin-Luther-Universität Halle a. S.,

Herrn Prof. Dr. Walcher

für die Ueberlassung der Arbeit, sowie für das große Interesse, das er derselben entgegengebracht hat, und seinem Assistenten Herrn Dr. Klauer für die technischen Hinweise und Anregungen meinen ergebensten Dank abzustatten.

Druck Gebr. Radetzki, Berlin SW 68